

CIÊNCIA E TECNOLOGIA: IMPLICAÇÕES SOCIAIS E O PAPEL DA EDUCAÇÃO

*José André Peres Angotti**

*Milton Antonio Auth***

Resumo: A crescente evolução e utilização de novas tecnologias vem acarretando profundas mudanças no meio ambiente e nas relações e nos modos de vida da população, colocando os indivíduos diante de novos desafios, cuja maioria a população não está preparada para enfrentar. Como possibilidade para melhor discernir situações deste tipo e atuar sobre elas, propomos desenvolver atividades didático-pedagógicas direcionadas para uma alfabetização científica e tecnológica, tendo como base aspectos históricos e epistemológicos e atentando para a questão das concepções, valores e atitudes dos indivíduos nas suas ações em sociedade. Estudos em curso sobre ciência, tecnologia e sociedade (CTS) e sobre a problemática ambiental serviram de apoio para a elaboração do presente trabalho.

Unitermos: ciência, tecnologia e sociedade (CTS); história e epistemologia; interdisciplinaridade; ensino de ciências; formação de professores

Abstract: *The growing evolution and utilization of new technologies is causing deep changes in the environment and on relations and life manners of the population, putting the individuals facing new challenges, even that most of them aren't prepared to face them. In order to better distinguish and act in these kind of situations, we propose to develop teaching activities toward a scientific and technological alphabetization, based on historical and epistemological appearances and paying attention to issues as individual conceptions, values and attitudes in their actions in the society. Several studies on science, technology and society (STS) and of environmental problematic in progress served to support the elaboration of this research.*

Keywords: *science, technology and society (STS); history and epistemology; interdisciplinarity; teaching of science*

A problemática

Com a racionalidade crescente no século XIX, que atribuiu ao homem a tarefa de dominar/explorar a natureza, aliada ao também crescente processo de industrialização, o desenvolvimento centrado na ciência e tecnologia (C&T) passou a ser visto como sinônimo de progresso. Mas, com as guerras mundiais, principalmente a segunda, este desenvolvimento passou a ser questionado. O arsenal de guerra, como as bombas nucleares, deixou bem explícito o poder destrutivo do homem.

O que inicialmente parecia um bem inegável a todos, com o passar dos anos revelou outras facetas. À medida que o uso abusivo de aparatos tecnológicos tornava-se mais evidente, com os problemas ambientais cada vez mais visíveis, a tão aceita concepção exultante de C&T, com a finalidade de facilitar ao homem explorar a natureza para o seu bem-estar começou a ser questionada por muitos.

* *Professor Titular do Departamento de Metodologia de Ensino e docente do Programa de Pós-Graduação em Educação, área de Ensino de Ciências, Centro de Ciências da Educação, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC (e-mail: angotti@ced.ufsc.br).*

** *Professor do Departamento de Física Estatística e Matemática, Universidade de Ijuí. Ijuí, RS. Doutorando do Programa de Pós-graduação em Educação da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC (e-mail: auth@main.unijui.tche.br).*

Não obstante a presença de debates permeados pela visão dos benefícios acompanhados dos prejuízos, presentes até nos meios de comunicação, este recurso estratégico do “sucesso” ainda é evocado; de acordo com Luján López (1996, p.129-32) as habituais divulgações de autonomia e neutralidade da C&T, principalmente por cientistas, políticos, engenheiros e legisladores, têm levado a concepções que favorecem um modelo tecnocrático político, uma imagem equivocada. Esta distorção não pode ser negligenciada por instituições e equipes responsáveis pela educação escolar e pelo ensino de Ciências.

Está cada vez mais evidente que a exploração desenfreada da natureza e os avanços científicos e tecnológicos obtidos não beneficiaram a todos. Enquanto poucos ampliaram potencialmente seus domínios, camuflados no discurso sobre a neutralidade da C&T e sobre a necessidade do progresso para beneficiar as maiorias, muitos acabaram com os seus domínios reduzidos e outros continuam marginalizados, na miséria material e cognitiva.

Não obstante, já vem de longe as preocupações e ações sistemáticas sobre a proteção à natureza e o bem-estar dos seres humanos. A realização do *I Congresso Internacional para a Proteção da Natureza*, em 1923, é um exemplo. Conforme Acot (1990, p.164), ele “representa a verdadeira certidão de nascimento do movimento de institucionalização” de proteção da natureza: o “da luta pela instalação de uma instituição permanente”. Com a realização do II Congresso e de outras conferências, foram se ampliando as informações e as possibilidades de reflexão mais profundas sobre esta problemática no âmbito mundial. Em 1938, Brouwer já afirmava que, a “fim de atingir um ponto de vista adequado sobre a proteção da natureza, seria útil considerar primeiramente o conflito entre a natureza e a cultura em geral” (Brouwer, 1938, *apud* Acot, 1990, p.165).

A participação da Unesco (desde 1948) na organização de conferências sobre a conservação da natureza e de seus recursos, sendo uma delas (a de 1968) apresentada na ONU, amplia ainda mais as discussões, deslocando o eixo da preocupação em instalar “santuários” para a concepção de caráter mais complexo e dinâmico. “Uma política de conservação deveria visar, em definitivo, à organização do meio externo, de tal forma que ele contribuisse para a saúde física e mental do homem e para o desenvolvimento da civilização. ... Os métodos de conservação ... devem visar à manutenção ... das condições que permitem o desabrochar das melhores qualidades do homem”.¹

Os questionamentos sobre a intervenção dos seres humanos no ambiente e seus impactos se tornaram bem expressivos a partir da década de 60, liderados por diversos movimentos de contestação, como o da contra-cultura e o ecologista/ambientalista. Na década de 70, um passo decisivo foi a Conferência de Estocolmo, em 1972, com o lançamento das “bases de uma legislação internacional do meio ambiente”, versando desde a questão das armas nucleares até a exploração dos recursos naturais.

Os diversos esforços, muitos deles de cooperação internacional, denunciando aspectos de conduta e formas de vida tanto social quanto econômica, mesmo não resolvendo os problemas postos, trouxeram à tona questões dicotômicas: de um lado, ampliaram-se os níveis de consciência crítica sobre os problemas oriundos do uso indiscriminado de produtos descartáveis, de outro, porém, criaram-se, via propaganda intensiva, “novas necessidades” direcionadas a ampliar o consumo e viabilizar novas frentes de produção/lucro, com resultados em favor do consumismo exagerado, detectados até o presente.

¹ Actes de la conférence intergouvernementale d’experts. Paris, Unesco, 1970, p.210, *apud* Acot, 1990, p.168.

Enquanto nas populações européia e norte-americana eram crescentes as manifestações contra a utilização de “tecnologias poluentes”, em países como o Brasil, ainda pouco atentos a esses problemas, tal preocupação não foi sistemática, a ponto de contrapor a adoção de políticas como a que resultou na paradoxal participação de nosso país na Conferência de Estocolmo. Na ocasião, o então ministro do Planejamento manifestou-se favorável à entrada de empresas que gerassem empregos e aumento no PIB, mesmo que estas fossem causadoras de poluição (Oliveira, 1984, p.11).

A década de 70 foi palco de variadas atitudes com relação ao meio ambiente e sua preservação: dos superpreocupados/cautelosos, de um lado, aos despreocupados/agressivos, do outro. Enquanto países como a Itália procuravam justificar *um corte na expansão da economia* (crescimento zero), os prudentes buscavam *formas alternativas de desenvolvimento* (entre zero e máximo). Em outros, como o Brasil, a “palavra de ordem” era o *crescimento intensivo*. Aliás, pode-se facilmente notar em muitas nações que a lógica do “desenvolvimento” a qualquer custo ainda persiste. Como a legislação sobre o controle ambiental é pouco rígida e os salários são baixos, os impostos são perdoados ou minimizados por longos anos, amplos terrenos e infraestrutura são doados, as empresas globalizadas têm preferido instalar grandes unidades no terceiro mundo.

Outras idéias que tomaram corpo, associando questões ambientais diretamente ao desenvolvimento econômico, foram a do *eco-desenvolvimento* e a do *desenvolvimento sustentável*. A primeira concebia o crescimento econômico não como meta, mas como meio. Uma conseqüência disso foi o famoso tripé do desenvolvimento: *viabilidade econômica, prudência ecológica e justiça social*. Já a segunda visava um novo estilo de desenvolvimento (auto-sustentável), com base em tecnologias alternativas e de forma a atingir um equilíbrio entre os processos econômicos, ambientais e sociais.

Com a reunião *Rio 92* se consolida a idéia de *desenvolvimento sustentável*, a qual, aparentemente solucionadora dos problemas ambientais, foi mais uma das tentativas que resultaram pouco significativas para enfrentar os problemas reais. Por não ter critérios definidos, nem um significado próprio, abre a possibilidade para variadas interpretações. De acordo com Jickling (1992, p.5) esse termo tem se tornado, para muitos, um “vago slogan suscetível de manipulação”. Uma vez que todos defendem o desenvolvimento sustentável – ricos e pobres, exploradores e explorados, incluídos e excluídos –, algo deve estar errado nisso. Esse termo polissêmico, ao ser usado em muitos contextos, parece ter contribuído mais para manter a “lógica vigente” do que para realmente questioná-la e alterá-la. Conforme Rosa (1992, p.45), o desenvolvimento auto-sustentado

representa uma síntese para responder a duas demandas sociais aparentemente divergentes. É uma resposta política não só às pressões para a preservação do meio ambiente e à preocupação com a conservação dos recursos naturais finitos mas também à necessidade de aumentar a produção para abranger parcelas crescentes da população mundial excluídas dos benefícios da tecnologia moderna.

Enquanto no âmbito do discurso os avanços tecnológicos visam a melhoria das condições de vida da população, na prática do dia-a-dia, o que se vê é o agravamento destas, principalmente nas populações já desfavorecidas. Um exemplo disso é a adoção de políticas direcionadas à geração ou manutenção de empregos. Além de não ter resolvido o problema do desemprego no país, essas políticas têm levado governantes a se “curvarem” diante do “poder

do capital”, garantindo privilégios a detentores de riquezas e aumentando ainda mais a exclusão social, como já comentado.

Mesmo assim, a maioria da população continua assistindo a contradições e desmandos de forma bastante passiva. Conforme Borrero (1990, p.128), a lógica da eficiência da C&T, a falta de uma política social autêntica e a busca por necessidades básicas para garantir a sobrevivência têm levado os despossuídos a serem “cúmplices involuntários da degradação ambiental”. A consequência disso é a difusão de pensamentos que levam a crer na quase impossibilidade de se implementar ações que promovam a justiça social, principalmente em países emergentes.

Como aceitar passivamente que grupos minoritários explorem de forma discriminatória a maioria da população gerando nela, por alguns períodos, uma sensação de perplexidade e mesmo de impotência? Diante da rapidez com que ocorrem as inovações tecnológicas num país como o nosso, com baixos índices de escolarização, onde parcela significativa dos escolarizados foi e continua sendo privada, tanto dos conhecimentos mais atuais sobre ciência e tecnologia quanto das políticas que regulamentam esse setor, o que esperar?

Compreender mais e melhor as problemáticas de influência direta no modo de vida da população não pode se restringir ao estudo das relações sociais em curso. Estudos que apontam e aprofundam perdas e danos resultantes dos processos da ciência aplicada e da tecnologia são também essenciais, nas dimensões coletivas e individuais.

Uma retrospectiva histórica tende a propiciar condições para perceber como chegamos ao estágio atual de desenvolvimento e onde/como as coisas começaram a seguir um certo “caminho”. Aspectos históricos e epistemológicos (como os presentes em propostas pedagógicas de CTS) devem auxiliar a compreender que os eventos não são lineares, que outras possibilidades existem.

Estudos sobre o comportamento humano presenciado e registrado em diferentes sociedades e formas de organização, possibilitam perceber que, por mais sólidas que sejam as estruturas de controle populacional, tais como a do Império Romano, há momentos de instabilidade e variação que podem desequilibrá-las: não há determinismo que resista numa sociedade com evidente exclusão social. Freire (1997, p.58) é bastante otimista sobre esse aspecto ao afirmar que gosta de ser gente porque a História demarca “um *tempo de possibilidades* e não de determinismo”. [grifo nosso]

O atual poder dos grandes grupos econômicos não terá o mesmo destino? A *globalização* e as *mega-fusões* parecem tornar mais evidentes a exploração e as desigualdades. Simultaneamente cresce o descontentamento das populações exploradas que tendem a se mobilizar para mudar esse panorama de exclusão. Exemplos contemporâneos no Brasil são os movimentos organizados, locais, regionais e nacionais (com destaque para o Movimento dos Sem-Terra), agrupados por interesses comuns e até mesmo por faixas etárias, como os grupos da terceira idade e os aposentados. Dentre as reivindicações explícitas de todos esses grupos, a de uma educação mais atuante, forte, comprometida com resultados em favor das maiorias está sempre presente.

O empenho de várias populações para conquistar sua independência e as negociações entre os países em desenvolvimento, como a que resultou no Mercosul, constituem também novas organizações comprometidas com mudanças. De acordo com Santos (1997, p.22), ao mesmo tempo em que assistimos a uma intensificação da interdependência transnacional e das interações globais, assistimos a um “desabrochar de novas identidades regionais e locais alicerçadas numa revalorização do direito às raízes”.

Relações sociais em tempo de incertezas são, de um lado, determinantes para o desenvolvimento da C&T; de outro, são atingidas por esse desenvolvimento e nos desafiam a criar estratégias adaptativas e a buscar novas possibilidades no campo do ensino/aprendizagem. Entre elas está a capacidade de entendimento das relações que estabelecemos com os demais membros da espécie e a natureza e de sua historicidade. No caso da problemática ambiental, para além da denúncia e da participação efetiva, nos processos pedagógicos a ênfase pode ser dada para, principalmente, pensarmos em romper com o antropocentrismo, concebendo o conjunto complexo do ambiente com os humanos, ao mesmo tempo inseparáveis e responsáveis.

Crenças e valores

A complexidade da problemática ambiental é bem mais ampla do que o entendimento que dela possuem parte significativa dos professores de Ciências Naturais do ensino fundamental e médio. Não é por acaso que os usuais enfrentamentos, como a simples introdução de novas idéias, ficaram aquém de resolvê-las. Será que a adoção de idéias vindas de fora é garantia de prováveis soluções?

Sendo a problemática ambiental resultado das atividades humanas, acreditamos que a ação de indicar/introduzir novas perspectivas deve vir acompanhada de subsídios que possibilitem aos indivíduos compreender a concepção que possuem sobre meio ambiente e poder confrontá-la com a de outros. Uma vez que as expectativas de conquistar mudanças estão diretamente relacionadas com a mudança de padrões de atitude e de valores, as problematizações em torno de suas concepções poderão “abrir caminhos” para outras possibilidades. Muitos indivíduos escolarizados, ao compreenderem que não lhes cabe o direito de pensar o mundo para si próprios, poderão abandonar a pretensão de se inserir entre os privilegiados.

Não é difícil constatar que a busca pela superação dos problemas esbarra, muitas vezes, em compreensões indevidas do que significam certas proposições. Por exemplo, é praticamente consenso o fato de que é preciso estudar para vencer na vida. No entanto, o que significa vencer? Incluir-se entre os privilegiados ou ampliar as condições para questionar e mudar a lógica perversa de exclusão, tão marcante em diversas sociedades?

Nos planejamentos escolares, principalmente no que tange aos objetivos de cada disciplina ou área de estudo, são usuais expressões realcionadas à idéia de tornar os alunos mais ativos ou criativos. No entanto, pais e professores, formadores de opinião pública, vêm insistindo na excessiva passividade e até na alienação de jovens e adolescentes. Dificilmente são promovidas discussões que levam em conta a finalidade de ser criativo, a quem esta contribuição vai beneficiar, ou no que esta criatividade vai desencadear. É preciso entender que, historicamente, os indivíduos foram privados dos instrumentos que os levariam a explorar as situações, como a do ambiente natural, sob a ótica que as considera em sua abrangência global.

As usuais concepções de educação relacionadas ao meio ambiente – *sobre, no e para* –, separadamente (sob a visão naturalista), não dão conta da problemática ambiental. A educação *sobre* o meio ambiente se resume basicamente ao ensino de Ecologia, com vistas a entender seu funcionamento. A educação *no* meio ambiente tem o meio como objeto de estudo. Na educação *para* o meio ambiente, já se parte de concepções prévias sobre o que seja meio ambiente e, usualmente, as impõe. Com freqüência propunha-se a educação *para* o meio ambiente (desenvolvimento sustentável, trabalho, trânsito, entre outros) como sendo a melhor estratégia para a solução dos problemas. As pessoas, em geral, não conseguem perceber que lhe está impondo alguma coisa (que devem ser educadas para aquilo, não tendo condições ou opções

de escolha ou abertura para a reflexão sobre o tema) nem ver outras possibilidades que não sejam a sua própria.

A fundamentação e a concepção teórica que a maioria dos estudantes aprenderam, baseada na Ciência Clássica e Moderna, privilegia em demasia uma determinada concepção de sociedade. A nova era na questão comportamental iniciada com o advento da Ciência Moderna – com o mecanicismo, as idealizações, a praticidade e a exploração da natureza – influenciou significativamente a configuração dos valores tão difundidos na sociedade nos últimos séculos. O indivíduo, supostamente neutro, ao interagir com a natureza, conseguia extrair o conhecimento dela. E como era muito freqüente ter as mesmas percepções, deduzia-se o conhecimento extraído como verdadeiro.

A busca e a identificação de regularidades, as generalizações e sínteses resultaram em um desenvolvimento notável da Ciência Moderna, principalmente nos três últimos séculos. A ciência newtoniana, a termodinâmica, a mecânica celeste, os princípios de conservação, a cosmologia... adquiriram tamanho êxito que delas pôde ser derivada a idéia de que “todos os movimentos observados na Natureza, desde a familiar queda de uma gota de chuva até a trajetória cósmica dos cometas, podem ser compreendidos em termos de simples leis de movimento expressas matematicamente” (Gleiser, 1997, p.164). Essa concepção predominante até o início do século XX, e que conseguiu aplicar com enorme eficiência a matemática, foi pressuposto básico para fortalecer a idéia de que tudo estava pré-determinado.

Bernal (1969, p.77) alerta que a racionalidade da ciência, no que tange à possibilidade de manipular o ambiente de acordo com vontades próprias, levou a uma “nova” visão da ciência – à luz da gênese moderna –, na qual “objetivamente, o mundo inanimado é muito mais simples que o mundo animado, e este mais simples que o mundo social; por isso, era intrinsecamente necessário que o controle racional, e em última análise científico, do meio, tivesse seguido precisamente essa ordem”.

Sobre este aspecto, Holton (1979, p.11-2) afirma que os cientistas, desde Copérnico, compreenderam como era atraente um sistema que dispusesse de qualidades como “os conteúdos temáticos de simplicidade e necessidade” e que “a nossa relação habitual de motivações do trabalho científico” – como a descoberta de remédios/curas contra epidemias, a eficiência das máquinas, entre outras – “tende a ressaltar o lado baconiano do legado da ciência moderna”.

No entanto, apesar da aceitação desses aspectos até um período bastante recente, eles não são suficientes para a compreensão da ciência. Não podemos esquecer que essa mesma ciência vem acompanhada de uma fragmentação dos conhecimentos sem par na História da Ciência. Conforme Bohm (1980, p.15), a tendência fragmentária, “é tão enraizada e ‘natural’ que, mesmo com as novas evidências da Relatividade e da Física Quântica, a regra é ignorar ou minimizar as reflexões distintas”. O pensamento dominante, principalmente do século passado (e da ciência moderna), face a diversos fatores, o difundiu na sociedade. “No presente estágio da sociedade e na maneira com que se ensina a ciência, uma espécie de preconceito a favor de uma autovisão fragmentária do mundo é fornecida, às vezes explícita e conscientemente, em geral de maneira implícita e inconsciente.”

Provavelmente serão de pouco valor as medidas adotadas que não vierem acompanhadas da mudança dos hábitos que originaram os problemas em questão. As crenças e os valores das pessoas, construídos socialmente, dão-lhes uma determinada visão de mundo e as conduzem a agir de uma forma ou outra (ou a se acomodar diante das ações externas). São determinantes em suas atitudes e comportamentos. De acordo com os valores da maioria das pessoas, ainda é muito mais importante o acúmulo material/financeiro do que a conservação

do ambiente. Sob esta ótica, enfrentar coletivamente os problemas complexos já “comuns” em nossa sociedade, torna-se tarefa quase inatingível.

A participação de comunidades escolares no enfrentamento do lixo por exemplo, vem crescendo e já está agregada a suas atividades diárias. É preciso, também, atacá-lo em sua raiz, ou seja, buscando compreender como e por que todo esse lixo é produzido, quem se beneficia e quem se prejudica com isso. Só reciclar não basta. Similarmente, atividades como a visita a um bosque, a uma usina hidrelétrica, ao local de tratamento do lixo não são significativas em si, mas poderão vir a ser na medida em que forem vinculadas ao programa escolar e ao compromisso com uma outra visão de mundo.

As pessoas, ao se conceberem como integrantes de uma sociedade e se tornarem cientes de que progridem conjuntamente com o desenvolvimento desta, entenderão melhor que, mesmo em parte submetidas e condicionadas pela crescente utilização da tecnologia em seu meio, suas vidas não estão irrevogavelmente predeterminadas pela lógica inevitável, às vezes perversa, do desenvolvimento tecnológico.

A educação formal frente à problemática

Com os currículos, as metodologias e os processos político-pedagógicos priorizados no espaço escolar formal, o entendimento de problemáticas como a ambiental tende ainda a se restringir a uma visão naturalista, quase romântica. Insistimos que dimensões fundamentais da dinamicidade da vida – tais como a perspectiva histórica, a educação para um presente e futuro de melhor qualidade de vida para todos, o caráter relacional da dimensão ambiental e as representações sociais de natureza e do meio ambiente – são ainda incipientes no âmbito escolar. Até porque o ensino de Ciências, apoiado nos grandes projetos traduzidos e/ou elaborados no país, nos anos 60 e 70, em que pesam avanços em conteúdos e metodologias, propunha-se mais a identificar e a seduzir os alunos para as carreiras científicas e tecnológicas do que para induzir discussões de fundo sobre CTS. Sabemos que tal objetivo “profissionalizante” resultou em enorme fracasso, tanto nos países centrais como nos periféricos, tendo contribuído até para o distanciamento, e não raro a negação, das carreiras científicas pela maioria dos estudantes.

Segundo Flikinger (1994, p.198), ao se referir à necessidade de proporcionar uma concepção mais global sobre alguns temas relevantes como o da problemática ambiental,

o consenso mínimo, até hoje estabelecido, não passa da opinião segundo a qual algo de novo deveria ser elaborado, já que as várias disciplinas envolvidas nas questões ambientais, demonstram cada vez mais abertamente sua impotência referente à necessária abordagem da estrutura complexa do meio ambiente. A sensação de desamparo profundo, frente à falta de fundamentos suficientes para a prática educacional, dirigida para a conscientização em relação aos problemas ambientais está onipresente. Por isso, não se pode esperar de ninguém uma solução rápida do impasse; deveríamos, no entanto, tentar, num esforço comum, contribuir com alguns elementos no mosaico cuja forma não pode ser antecipada.

² Weiner (1992, p.3-4) afirma que o planeta Terra é um sistema que possui sete elementos básicos (ou esferas) em operação, “tanto no sentido figurado quanto no sentido literal, em um número surpreendente de casos”. São eles: terra, água, ar, fogo, vida (biosfera), gelo (criosfera) e inteligência (noosfera).

Isso exige buscar mais precisão com relação aos conceitos. Entre eles, os de meio ambiente e educação ambiental, visto que, conforme Jickling (1992, p.5), eles são abstrações ou idéias que descrevem várias percepções. A falta de atenção para a filosofia educacional no desenvolvimento da educação ambiental, de acordo com esse autor, tem permitido a expressão e a difusão de idéias questionáveis. A carência de uma análise profunda dos conceitos centrais sobre educação ambiental tem como consequência, sem maiores preocupações, o enfoque de questões pontuais e bastante superficiais.

Reflexo disso é o alerta de geocientistas de que o *Homo sapiens*, mesmo pertencendo à esfera² planetária mais recente (a *noosfera*), e sendo fisicamente mais fraco do que muitas outras espécies, tornou-se tão poderoso que agora influi na extinção de outros animais e está levando quatro outras esferas “– a hidrosfera, a atmosfera, a criosfera e a biosfera – à iminência de mudanças drásticas” (Weiner, 1992, p.6).

De nossa parte, acreditamos que as reflexões e discernimentos com base na história e na filosofia da ciência permitem deslocar o eixo de compreensão homem–ambiente. Passa-se assim de uma visão simplista – tendo o homem separado do ambiente e com a única função de explorá-lo (concepção associada à Ciência Moderna) – a uma visão mais ampla, que o considera como sujeito integrado ao meio ambiente e ciente da necessidade de sua conservação.

Isso requer uma atenção especial sobre a complexidade existente na integração do homem com o seu ambiente e sobre o instrumental que a C&T possibilitou desenvolver para auxiliar/facilitar essa integração, que tende a resultar mais significativa. Podemos considerar a questão ambiental como inserida numa problemática maior, fazendo parte, entre outras, das questões culturais, sociais e políticas, e como tal deve ser compreendida nas relações sociais. A ampliação do espectro das relações, na perspectiva mais global, deverá estar ligada a outras questões, contempladas nas suas origens e suas consequências.

Seria mais efetivo pensarmos na biosfera³ – o conjunto dos componentes biológicos – e na sua correlação com outras esferas, concebendo o homem incluído juntamente com os elementos físico-químicos. A atenção voltada para a interação e a evolução das coisas de forma imbricada deve ampliar o grau de percepção acerca do condicionamento existente entre as outras esferas e a vida. Conforme o oceanógrafo Arnold Gordon, “a correlação entre as esferas é o que o planeta tem de mais interessante” (*apud* Weiner, 1992, p.7).

A relação com o ambiente é uma ação própria do ser vivo, e o entendimento da concepção de “co-evolução” facilita percebê-la. Conforme Moraes (1998, p.42-3), “a co-evolução dos sistemas biológicos e físico-químicos criou as condições para o desenvolvimento dos seres humanos, que introduziram um novo tipo de interação: a interação humana”. O imbricamento destes sistemas pode ser considerado como “consequência de uma característica intrínseca aos seres vivos: sua natureza biológica e físico-química, de modo que a evolução dos dois tipos de sistemas pode ser entendida como ocorrendo de forma interconectada e interdependente”.

A dinâmica do surgimento e da evolução dos seres vivos também se refletiu no ambiente: a idéia da evolução conjunta dos seres vivos e do ambiente facilita entender a questão do equilíbrio/desequilíbrio, ou a de que não há equilíbrio estático uma vez que o universo e suas

³ O termo “biosfera”, de acordo com Weiner (1992, p.4), foi cunhado pelo geólogo suíço Eduard Suess no século XIX, ao incluir a vida no globo (em suas esferas). Este termo foi retomado (e consagrado) em 1920 pelo geoquímico russo Vladimir Vernsky. Mesmo vindo de longa data, ainda hoje temos dificuldade em determinar sua extensão, principalmente em relação à existência de formas de vida em condições bem diferenciadas das que estamos acostumados, tais como a “bactéria *Polaromonas vacuolata*, que vive quilômetros abaixo da superfície, nos pólos, sob temperaturas dezenas de graus abaixo de zero” (Oliveira Filho, 2000, p.4).

partes estão sempre mudando, ora em períodos breves, quase instantâneos, ora em prazos muito longos, remotos e distantes de nossa experiência comum, daí aparentemente em equilíbrio.

O entendimento da dinâmica homem/ambiente pode ser explorado no processo didático-pedagógico em contraposição à “estaticidade” ainda predominante em grande parte dos sistemas de ensino. Uma vez que a escola tem um papel significativo na formação dos indivíduos, na sua cultura, nas suas relações sociais, ela necessita repensar seu papel. Conforme Zanetic (1981, p.2), não podemos considerar como neutras, ou como naturais, as estruturas curriculares ditadas tradicionalmente. Elas representam a reprodução de certos valores historicamente determinados como, por exemplo, a cultura da passividade. Considerá-las como neutras e naturais – desprovidas de caráter sócio-político –, é reforçar a concepção de uma sociedade com nítidas relações de exploração/exclusão.

Holton (1979, p.216), ao tratar as inovações curriculares, reafirma a necessidade de “colocar pelo menos um mínimo de história da ciência, epistemologia e discussão do impacto social da ciência e tecnologia no material educacional utilizado nas aulas de Ciências”. Considerações similares são externadas por Tricário (1996, p.88) ao defender que “nas ações e nas estratégias planejadas sejam discutidas as distintas concepções sobre a natureza do trabalho dos cientistas e a forma como evolui a construção deste tipo de conhecimento”.

Estudos de CTS (Borrero, 1990; Mitcham, 1990) têm atribuído um papel importante para os aspectos históricos e epistemológicos da ciência e a interdisciplinaridade na alfabetização em ciência e tecnologia. Eles indicam a necessidade de explorar os conhecimentos sob um caráter mais amplo, tendo uma reflexão crítica imbrincada, embora vejam a dificuldade disso acontecer na prática. É preciso contrastar as visões oficiais presentes nos sistemas de ensino e constituir uma fonte de visões alternativas para o ensino.

Perspectivas nesta direção vemos com a formação continuada dos professores dos níveis fundamental e médio. Mas, como em nosso país este tipo de formação está longe de ser uma realidade, de maneira sistemática, o desafio está em, inicialmente, conseguir envolver os professores em atividades que enfocam essas questões para, paulatinamente, comprometê-los. O desafio é envolver/comprometer os professores em atividades colaborativas, para inquietá-los e desafiá-los em suas concepções de ciência, de “ser professor” e em suas limitações nos conteúdos e nas metodologias.

Esforços estão sendo empreendidos com um grupo de professores de Ciências Naturais, principalmente do ensino médio, da região de Ijuí (RS), para superar a pouca clareza, até o momento, de como abordar os conhecimentos de C&T, sem reforçar questões como a sua neutralidade ou ficar preso a tarefas de transmissão de conhecimentos. Nesse sentido, estudos históricos e epistemológicos são realizados com os professores para que se dêem conta de que a atual configuração dos currículos e a formação/experiência que muitos possuem – permeadas de estereótipos habituais sobre ciência (neutra, objetiva e imparcial) – compromete novas perspectivas, mesmo diante da intenção de vários deles desenvolver seu trabalho numa perspectiva “construtivista”. Além disso, com a exploração da idéia de *temática* (Freire, 1987), buscamos desencadear o processo de ensino-aprendizagem com vistas a superar a fragmentação excessiva ainda fortemente presente, principalmente no nível médio.

Para o estudo/compreensão de questões complexas como a ambiental, buscamos desenvolver trabalhos interdisciplinares, em torno de temáticas nas quais os conhecimentos são estudados enquanto necessários para compreensão dessas (e outras afins). É a dimensão contextual reconhecida na orientação dos novos PCNs para o ensino médio, que considera

também a necessidade do trabalho interdisciplinar. Pelo menos nós, docentes das “Ciências da Natureza e suas Tecnologias”, precisamos enfrentar conjuntamente tal desafio.

Um trabalho colaborativo/interdisciplinar, relacionado à problemática ambiental, foi desenvolvido durante o ano letivo de 1998, na Escola de 1º e 2º Graus Francisco de Assis/Unijuí, de Ijuí. Esteve envolvido um grupo de seis professores da área de Ciências Naturais (CN) – de Biologia, Física e Química – da escola, dentre eles um dos autores deste texto, e cerca de 80 alunos de três turmas da 2ª série do ensino médio.

As interações com os professores iniciaram-se no segundo semestre de 1997, com a exploração de aspectos evolutivos e críticos relacionados à idéia de *temas antitéticos*, provocando a discussão de distintas concepções sobre a natureza da ciência e a forma como evolui a construção deste conhecimento. Utilizando textos e gerando discussões com base na idéia de temas antitéticos de Holton⁴ (1979), procuramos explorar embates ocorridos em torno das formulações, como *contínuo/descontínuo* e *análise/síntese*. Como exemplos podemos citar as “sacadas” que um cientista tem, impregnadas de pressupostos temáticos, no ato de descartar uma hipótese e considerar outra, como o valor da carga elétrica, de Millikan, o valor da constante de gravitação, de Newton, os modelos de geocentrismo e de heliocentrismo.

É importante frisar que os professores tinham um espaço/tempo comum nas quartas-feiras à tarde para tratar de aspectos didático-pedagógicos de âmbito escolar, de área, de disciplina e individual. Nos encontros de área tivemos a oportunidade de iniciar as nossas interações/discussões.

No início do ano letivo de 1998 exploramos, de forma sistemática, um texto com proposição ousada (Lutemberger, s.d.), ocasião em que foi reelaborado para ser utilizado nas atividades com os alunos. Dos trabalhos de sala de aula a partir deste texto foram feitos desmembramentos de subtemas que resultaram em outras atividades desenvolvidas ao longo do ano letivo, tais como: combustões, capacidade respiratória, a água como regulador térmico, máquinas térmicas. Em todas elas estiveram participando professores das três subáreas de CN, no esforço conjunto do trabalho interdisciplinar.

Para trabalhar os conceitos de forma a estabelecer a perspectiva da unidade temática (na diversidade) em que os diversos conceitos estivessem relacionados entre si, encontramos respaldo na idéia dos *conceitos unificadores* propostos por Angotti (1991). O conceito de energia, por exemplo, mostrava-se com grande potencial para interligar tópicos de mais de uma área, estabelecendo relações com conceitos e temas de outras áreas. Já a idéia dos *três momentos pedagógicos* de Delizoicov e Angotti (1992) – a *problematização inicial*, a *organização do conhecimento* e *aplicação do conhecimento* – foi a base metodológica das atividades de sala de aula. Visávamos, por um lado, ter uma boa noção do conhecimento que os alunos tinham sobre o assunto e, por outro, levá-los a perceberem que o conhecimento que possuíam não era suficiente para dar conta da compreensão e da exploração do tema. Ao despertar, tomar consciência das limitações e de outras compreensões dos seus saberes (com a possibilidade de superá-las), os professores manifestaram uma boa disposição para novas aprendizagens, ainda que, no percurso, resistências tenham ocorrido.

As atividades de sala de aula ocorreram de duas maneiras: algumas de forma conjunta entre os professores das três subáreas de CN; outras, a maioria, de forma individual, em que cada professor trabalhou os conceitos e conhecimentos específicos da sua subárea, mas

⁴ Holton foi o coordenador do Projeto Harvard – cuja essência foi a *concepção humanista* da ciência – desenvolvido nos EUA nos anos 60 e 70 e que teve significativa influência no ensino de Física no Brasil.

visando a compreensão mais ampla do tema em questão. Foram realizados alguns “encontros de sistematização” envolvendo os alunos das três turmas e os professores, ocasião em que houve explicações/discussões dos principais tópicos e conceitos de cada subárea, coordenadas pelos professores e auxiliadas pelos alunos. Seguiram-se a elas atividades de produção de textos por parte dos alunos. A participação dos professores e da maioria dos alunos foi de tal forma enriquecedora que se pôde considerar tais atividades como autênticos seminários de discussão. As imprecisões foram apontadas e discutidas proporcionando a retomada e reconstrução dos conceitos, de modo que novos significados foram atribuídos a eles no contexto em que estavam inseridos.

Esse trabalho teve (e tem) como uma de suas metas indicar alternativas para que seja minimizada a fragmentação dos conhecimentos escolares de CN. Por isso tem sido desenvolvido com professores, tanto em momentos de planejamento quanto em atividades com os alunos. A atuação direta junto com os professores, em boa parte das atividades desenvolvidas, nos permite registrar e comentar os limites e os avanços. É importante ressaltar que foram constantes as dificuldades encontradas para levar adiante os trabalhos coletivos. Entre os aspectos evidenciados que limitaram as ações, podemos citar a formação fragmentada que os professores, em geral, possuem e a atual concepção/estrutura do ensino médio no País: preocupação maior com o vestibular do que com a formação geral; distribuição do tempo (em favor de períodos disciplinares); carga horária do professor, por um lado excessiva com atividades de sala de aula e, por outro, reduzidíssima para planejamentos, reflexões e pesquisas. Não menos importante é afirmar que a dinâmica adotada, a estruturação de atividades estabelecendo-se relações entre vários conceitos e a interação entre os professores, apontam para avanços no ensino/aprendizagem e para mudanças em suas práticas pedagógicas.

Com as atividades direcionadas e desenvolvidas em sala de aula, ao longo do ano letivo, os professores foram constantemente desafiados a estudar mais e a refletir sobre sua própria prática, favorecendo, assim, o crescimento individual e do conjunto dos professores. Essas atividades permitiram que refletissem sobre o que estavam fazendo, para perderem o medo dos desafios que a prática letiva impõe e para entenderem que fazem parte de um mundo de incertezas e vivem um processo em constantes mudanças. As reflexões, por terem sido compartilhadas, seja concordando ou discordando, adquiriram importância significativa, principalmente pelos desafios que geraram aos próprios indivíduos, como também destes para com os seus interlocutores.

Acreditamos que, como desdobramento, poderão/deverão ocorrer trocas de experiências também entre profissionais de outros grupos de distintos locais. Para ampliar o patamar de interações propomos utilizar, vantajosamente, recursos tecnológicos contemporâneos como a internet, para estabelecer redes de contato entre grupos e possibilitar a troca de experiências de forma mais veloz. Mesmo a distância, buscaremos estabelecer critérios para a seletividade de informações, sugerir novas informações e materiais instrucionais, apresentar as experiências em andamento, acolher sugestões e críticas de interlocutores empenhados na formação continuada de professores.

Enfim, diante da negociação, estruturação e desenvolvimento de atividades colaborativas, este trabalho de ensino apoiado em investigações de fundo epistêmico e histórico de temáticas de C&T, bem como nas dimensões problematizadoras, dialógicas e colaborativas dos processos educativos e das trocas de saber, contribui para redirecionar o eixo prevalente da veiculação/transmissão da informação com algum conhecimento, em favor de uma alfabetização mais crítica em C&T, comprometida e de relevância social. Uma formação que esteja voltada para ampliar as condições para o exercício da cidadania, possibilitando, assim,

enfrentar os problemas/situações que nos desafiam, ou nos são impostos cotidianamente, seja na área de Ciências Naturais, nas relações pessoais, familiares, profissionais e demais atividades.

Referências bibliográficas

- ACOT, P. *História da Ecologia*. Rio de Janeiro: Campus, 1990.
- ANGOTTI, J. A. *Fragmentos e totalidades no conhecimento científico e no ensino de ciências*. São Paulo: Tese (Doutorado em Educação). Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1991.
- AUTH, M. A. *Buscando superar a fragmentação no ensino de Física: Uma experiência com professores em serviço*. Dissertação (Mestrado em Educação). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1999.
- BAZZO, W. A. *Ciência, Tecnologia e Sociedade*. Florianópolis: Editora da UFSC, 1998.
- BERNAL, J. D. *Ciência na História: movimento*. Lisboa: Novo Horizonte, v.3, 1969.
- BOHM, D. *Wholeness and the Implicate Order*. London: Routledge & Kegan, 1980.
- BORRERO, M. Los Estudios de Ciencia, Tecnología y Sociedad en el contexto latinoamericano. In: MANUEL MEDINA *et al.* (Orgs.). *Ciencia, tecnología y sociedad: estudios interdisciplinarios en la universidad, en la educación y en la gestión política y social*. Barcelona: Anthropos, p.125-9, 1990.
- BRASIL. Ministério da Educação e dos Desportos. *Parâmetros Curriculares Nacionais (Ensino Médio)*, parte III – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Disponível em: <www.mec.org.br>.
- DELIZOICOV D. e ANGOTTI, J. A. *Metodologia do Ensino de Ciências*. São Paulo: Cortez, 1992.
- FLIKINGER, H. G. O ambiente epistemológico da educação ambiental. Porto Alegre: *Educação e Realidade*, v.19, n.2, 1994.
- FOUREZ, G. *A construção das ciências: introdução à filosofia e à ética das ciências*. São Paulo: EDUNESP, 1995.
- FREIRE, P. *Pedagogia do oprimido*. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.
- _____. *Pedagogia da Autonomia: saberes necessários à prática educativa*. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1997.
- GLEISER, M. *A dança do universo: dos mitos de criação ao big-bang*. São Paulo: Schwarcz, 1997.
- GONÇALVES, C. W. *Os (Des)caminhos do Meio Ambiente*. São Paulo: Contexto, 1990.
- HELENE, M. *Ciência e Tecnologia: de mãos dadas com o poder*. São Paulo: Moderna, 1996.
- HOLTON, G. *A imaginação científica*. Rio de Janeiro: Zahar, 1979.
- JICKLING, B. Why I don't want my children to be educated for sustainable development. *Journal of Environmental Education*, v.23, n.4, 1992.
- LUIJÁN, L. *et al.* *Ciencia, Tecnología y Sociedad: una introducción al estudio social de la ciencia y la tecnología*. Madrid: Editorial Tecnos, 1996.
- LUTZENBERGER, J. GAIA. Editora Símbolo, Revista Corpo a Corpo, s.d.
- MALDANER, O. A. *Química 1: construção de conceitos fundamentais*. Ijuí: UNIJUÍ, 1992.
- _____. *Química 2: consolidação de conceitos fundamentais*. Ijuí: UNIJUÍ, 1993.

- MITCHAM, C. En busca de una nueva relación entre ciencia, tecnología y sociedad. In: MEDINA, M. *et al.* (Eds.) *Ciencia, tecnología y sociedad: estudios interdisciplinarios en la universidad, en la educación y en la gestión política y social*. Barcelona: Anthropos, 1990. p.11-19.
- MORAES, E. A construção do conhecimento integrado diante do desafio ambiental: uma estratégia educacional. In: NOAL, F. O. *et al.* (Orgs.). *Tendências da educação ambiental brasileira*, Santa Cruz do Sul: EDUNISC, 1998, p.35-54.
- MORAIS, J. R. de. *Ciência e Tecnologia: introdução metodológica e crítica*. São Paulo: Papirus, 1983.
- OKUNO, E. *et al.* *Física para Ciências Biológicas e Biomédicas*. São Paulo: Harbra, 1982.
- OLIVEIRA FILHO K. *Astronomia e Astrofísica: origem da vida e vida extraterrestre*. Disponível em: <<http://astro.if.ufrgs.br/index.htm>>, 2000
- OLIVEIRA, F. *A Reconquista da Amazônia*. São Paulo: CEBRAP, n.38, mar. 1994.
- PACEY, A. *La cultura de la tecnología*. Cidade do México: Fondo de Cultura Económico, 1990.
- PRIGOGINE, I.; STENGERS, I. *A nova aliança*. Brasília: Editora da UnB, 1991.
- ROSA, L. P. Por uma visão realista. *Teoria & Debate*, 17, p.41-5, 1992.
- SANTOS, B. *Pela mão de Alice*. São Paulo: Cortez, 1997.
- THUILLIER, P. *De Arquimedes a Einstein: a face oculta da invenção científica*. Rio de Janeiro: Zahar, 1994.
- TRICÁRIO, H. *Algumas Reflexões sobre o Conteúdo e a Temática na Formação Continuada de Professores de Ciências*. Campinas: Editora Autores Associados, 1996, p.83-90.
- WAKS, L. Filosofia de la educación en CTS: ciclo de responsabilidad y trabajo comunitario. In: ALONSO, A. (Org.) *Para comprender Ciencia, Tecnología y Sociedad*. Espanha: EVD, 1996, p.19-33.
- WEINER, J. *Os próximos cem anos: em nossas mãos o destino da terra*. Rio de Janeiro: Campus, 1992.
- WINNER, L. *La ballena y el reactor: una búsqueda de los límites en la era de la alta tecnología*. Barcelona: Gedisa, 1987.
- ZANETIC, J. Que papel a História da Ciência pode ter no ensino de Física? In: *Debate de Física: o ensino de Física no 2º grau*. 1, São Paulo: Comissão Cultural da APEOESP, 1981.